

一种基于内容的图像检索系统的设计与实现

闫乐林, 亓莱滨, 蔡平胜

(山东教育学院 计算机科学与技术系, 山东 济南 250013)

摘 要:随着互联网技术的普及和发展,多媒体资源已成重要的信息载体,传统的基于关键字的信息检索技术已逐渐不能满足需求,因此,基于内容的图像检索技术成为当今的一个研究热点。文中在分析基于内容的图像检索方法基础上,针对数字图书馆的图像检索特点设计了一种图像检索系统的模型,并简要介绍模型的系统实现方法和图像处理过程。由具体实例数据验证说明了系统的可用性,表明此系统具有一定应用价值,文中的研究可对数字图书馆技术的进一步发展起到积极的参考作用。

关键词:数字图书馆;检索方法;图像检索;基于内容

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)12-0205-04

A Kind of System Design and Implementation Approach on Content - Based Image Retrieval

YAN Le-lin, QI Lai-bin, CAI Ping-sheng

(Department of Computer Science and Technique, Shandong Institute of Education, Jinan 250013, China)

Abstract: With the popularity of the Internet and development of IT technology, multimedia resource has become an important information carrier, the traditional keyword - based information retrieval technology has not been gradually able to satisfy the users' demand for information, therefore, content - based image retrieval technology becomes a research hotspot. Based on description of the content - based image retrieval method, a valuable image retrieval system is designed and implemented according to the image - retrievable characteristics in the digital library. The logical model and implementation approach about the system have been described briefly. Finally, these experiment data of the system show its availability is all right, and the study on the technology of digital libraries will be positive as a reference to the further research in the field.

Key words: digital library; retrieval measure; image retrieval; content - based

0 引言

随着计算机技术和网络技术的飞速发展与广泛应用,数字图书馆应运而生,并扮演越来越重要的角色。数字图书馆是传统图书馆在信息时代的发展,包含传统图书馆的功能,还融合了数字化信息资源功能,为用户提供综合的公共信息访问服务^[1]。数字图书馆中存放着海量的信息资源,内容包括文字、图像、声音、视频等多媒体信息。传统关键字检索形式已经不能满足社会进步的需求,对于基于媒体内容的检索研究不断受到的关注与重视,并取得一些成果,因此多媒体信息检索技术研究和发必将对社会各领域产生深远影响。

目前,对静态图像进行检索在图像索引与研究

最为广泛,基于图像颜色特征、纹理特征、简单的形状特征和物体空间方位的检索方法是比较成熟的几种^[2,3]。文中在介绍基于内容的几种图像检索方法的基础上,针对数字图书馆的图像检索特点设计了一种图像检索系统模型,并介绍了予以实现的方法。

1 基于内容的图像检索的方法

CBIR(Content - Based Image Retrieval),即基于内容的图像检索,主要是对图像进行内容语义的分析和特征的提取,并基于这些特征进行相似性匹配的信息检索技术^[4]。它与传统的数据检索方法相比,具有三个主要特点:其一,利用图像的特征信息进行检索;其二,与文本关键词模糊匹配不同,图像检索查询是以相似度为基准;其三,人机交互式检索。采用参数调整的方法、聚类分析方法、概率学习的方法及神经网络的学习方法等,通过交互式方式建立图像信息和高层语义

收稿日期:2009-03-15;修回日期:2009-06-14

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(J07WJ16)

作者简介:闫乐林(1975-),男,山东济南人,讲师,硕士,研究方向为计算机网络与信息检索。

之间的关联。

基于内容的图像检索技术是通过分析图像的内容,提取其颜色、形状、纹理、轮廓和空间位置等特征,建立特征索引,存储于特征数据库中,检索时,用户提交查询的源图片,通过多次相似性匹配,在图像数据库中提取出查询到的所需关联图像。由于不同图像检索方法使用的特征提取机理和侧重点有差异,所以在检索方法上也有所不同。

1.1 基于颜色特征的检索

色彩是图像的重要特征之一,具有对图像旋转、平移、尺度变化、甚至各种形变都不敏感的特点,是基于内容的图像索引中应用最广泛的特征。不同色彩的直方图能较好地反映图像中各种颜色的频率分布,横轴表示颜色的等级,纵轴表示在一个颜色等级上具有该颜色的像素在整幅图中所占的比例^[5]。在 RGB 空间中以色彩分布为基础基于色彩检索是计算两幅色度直方图的匹配差别,式(1)是相似程度的度量。

$$H(I, I') = \sum_{i=1}^N \min(h_i, h'_i) \quad (1)$$

式中, $h_i(h'_i)$ 是图像 $I(I')$ 的直方图 h 在第 i 个颜色点的归一化值。

两幅图像相似程度的度量取决于所选的门限值,为弥补全局直方图对局部信息的丢失,常将图像分割成 $n \times n$ 个子图像区域,以每一个子区域的直方图进行对应的匹配运算是一种简单地提高检索准确性的方法,但检索时其相对时间复杂度增加。若对图像按色彩分布的几何特征进行区域分割,将有利于图像的主要特征表示,是很好的分类和检索方法。

1.2 基于纹理特征的检索

图像的纹理是指某种基本结构元素在图中有规律的表现,这种基本的结构元素在大小、灰度和空间关系上自然呈现周期性或者随机性,在视觉上表现为粒度、取向及重复性。在 20 世纪 70 年代初期,Haralick 等人提出了纹理特征的共生矩阵表示法。他首先根据像素间的方向和距离构造一个共生矩阵,然后从矩阵中抽取有意义的统计量作为纹理表示^[1]。Tamura 等人则从视觉心理学角度提出图像纹理表示法,表示的所有纹理性质都具有直观的视觉意义,这使得 Tamura 纹理表示在图像检索中非常具有吸引力。进入 20 世纪末,一些新的理论如小波变换等被应用于纹理表示之中,并取得长足进步。

在基于图像纹理特征的实际检索中,一般采用示

例查询(Query by Example)的方式。用户给出一个所需图像的示例,系统会按照示例搜索与之相同或相似的图像,用户在这些相似图像集合中确定最终的检索目标。

1.3 基于形状特征的检索

目前,基于形状特征的检索基本上是从形状的轮廓特征和形状的区域特征来建立图像的索引。图像中物体的形状,代表着高层信息。通过边缘检测、细化和收缩等算法可以提取物体的轮廓,此轮廓仍旧保留了物体的主要信息。

基于形状特征的图像检索方式通常有两种^[6]:一种是利用样板图像,用于对形状或轮廓在整体及局部相似性进行评价;另一种是轮廓草图,是针对图形矢量特征进行检索的一种方法,相比前者更具检索便利性,但有时检索结果会不尽人意。

2 图像检索系统的模型

借鉴较为成熟的图像检索技术,结合数字图书馆的特点,笔者设计了一种基于内容的图像检索系统。系统模型包括人机交互接口、查询引擎、特征提取、特征比对、图像特征库、查询结果与反馈、满意度反馈、特征参数修改和数据库管理维护等诸多模块,系统逻辑结构如图 1 所示。

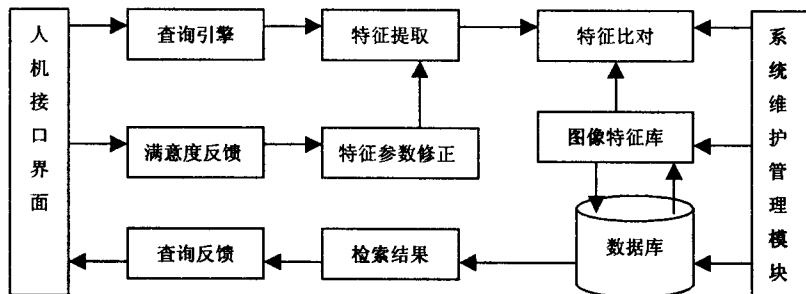


图 1 图像检索系统的逻辑模型

图中的人机接口界面,可接受用户提供的待查询图像,并能设置相应的特征提取与比对参数,同时亦显示查询的结果,通过此接口可对结果进行满意度评分,修改特征参数后即可重新进行查询。系统中满意度模块和特征参数修正模块,根据用户对查询结果满意度的反馈和参数的修正,通过自身 BP 神经网络的自学习机制,可调整更新特征库和数据库中相应数据,旨在提高系统查询的准确度。查询引擎模块主要是用户提交的待查询图像信息。特征提取模块是用户针对给定的图像选择相应的特征提取算法对图像进行特征提取。特征比对模块指的是用户利用提取后的特征和图像数据库的特征进行比较,把符合给定门限范围的图像显示给用户。系统维护管理模块负责数据库的维

护、图像特征库的初始化、更新和管理等,同时在用户输入源图像后,经特征提取与图像特征库进行对比匹配时,该模块可以根据情况进行控制和调整。

3 图像检索系统的实现

3.1 系统编程模型与数据库的设计

系统实现选用 C++ builder6 作为开发工具,为了提高图像检索的效率并考虑将来数据库的扩展,系统选择了对存储过程有强大支持能力的 SQL Server 2000 作为图像数据库的数据库管理系统平台,并且结合要实现的功能对存储过程进行了较为详细的规划。通过应用 C++ builder 来开发应用界面(添加、修改、删除、查询图像),并且通过控件完成图像的添加、修改、删除和查询功能,数据库访问通过 ADODB 编程对象调用 SQL Server 2000 服务器中的存储过程来实现。

3.2 图像处理过程与图像特征提取算法

3.2.1 图像处理的过程

系统采用面向对象的算法,将一幅图像处理为四个部分:图像源数据、图像基本属性、图像内容特征和图像人工注释。数据源数据即为原始图像,存放于数据资源库中,并在数据库的相应字段建立其索引项。图像的基本属性,包括图像文件的类型、大小、处理日期、存储路径和其他属性信息,这些信息存放于此类对象的对应变量之中,并可以通过相应的方法进行初始化和编辑。图像特征的提取,是对处理的图像进行处理,按照既定的算法提取特征信息,并在检索时进行匹配运算。人工注释则是对图像的内容进行文字的翔实描述。图 2 描述了一幅图像加载的流程。

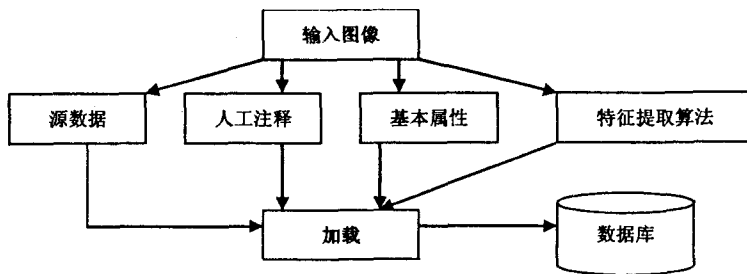


图 2 图像加载过程

3.2.2 图像特征提取算法

图像的内容特征是关键环节,该系统采用基于 HSV 颜色模型的直接示例查询法,首先对图像的不同分量根据人类的视觉对颜色感知的经验值进行非均匀量化,有效地压缩了特征矢量的维数;其次,进一步采用主元分析^[7](Principal component analysis, PCA)对图像特征降维。主元分析(PCA)法是研究如何通过少数几个主分量来解释多变量的方差-协方差结构,是一种有效的特征提取方法,对数字图像进行特征提取,可以

大大减少计算量,又能保留所需要的特征信息。

1) 颜色常量方法。

颜色常量方法是使用颜色值对数的导数索引的方法(拉普拉斯或方向导数),它得出的结果是与相临区域的变化率^[8]。下面是颜色常量直方图的具体求法。

(1) 给定点的颜色值的对数。

$$i(x, y) = \ln(\rho(x, y)) \quad (2)$$

式中: $\rho(x, y)$ 为点 (x, y) 的 L 值。

(2) 不同卷积。

拉普拉斯卷积:

$$d(x, y) \leftarrow \nabla^2 i(x, y) \quad (3)$$

$$\nabla^2 = \{[f(x+1, y) - f(x, y)] - [f(x, y) - f(x-1, y)]\} + \{[f(x, y+1) - f(x, y)] - [f(x, y) - f(x, y-1)]\}$$

4 个方向导数:

$$d_m(x, y) = \nabla^m i(x, y) \quad (4)$$

(3) 构造常量直方图。

拉普拉斯:

$$H_i = \sum_{x,y} Z = \begin{cases} 1 & d(x, y) = i \\ 0 & d(x, y) \neq i \end{cases} \quad (5)$$

4 个方向导数:

$$H_i = \sum_{m=1}^4 \sum_{x,y} Z = \begin{cases} 1 & d_m(x, y) = i \\ 0 & d_m(x, y) \neq i \end{cases} \quad (6)$$

2) 主元分析法。

因采用颜色常量法得到的特征维数还是比较高的,不宜用于计算,因此采用 PCA 方法进行降维处理。设 $\{x_i\}_{d_i=1}$ 为一个图像集,其中 d 为图像集中包含图像的个数, x_i 是使用上述方法得到的图像特征向量。随机从集合中抽取若干个样本组成训练集(不妨设为: $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq}$),则样本的均值 m 和协方差 C 可表示如下:

$$m = \frac{1}{q} \sum_{j=1}^q x_{ij} \quad (7)$$

$$X = \frac{1}{\sqrt{q}} [x_{i1} - m, x_{i2} - m, \dots, x_{iq} - m] \quad (8)$$

$$m = \frac{1}{q} \sum_{j=1}^q (x_{xj} - m)(x_{xj} - m)^T = XX^T \quad (9)$$

设 $u_i, i = 1, 2, \dots, q$ 为协方差矩阵 C 的本征向量,其对应的本征值为 λ_i 。因此:

$$C = XX^T u_i = \lambda_i u_i \quad (10)$$

一旦计算出矩阵 C 本征值和本征向量,将这些计算出的本征向量按其对应的本征值的大小降序排列,并将它们作为列组成 PCA 变换矩阵(K.L 变换) U 。K.L 变换可表示为:

$$y_i = U^T x_i$$

其中, y_i 就是得到的用于检索图像的特征向量, 即图像表示。

3.3 系统评价标准

CBIR 系统的性能评价标准是基于内容图像检索系统的一个重要内容, 对 CBIR 系统的研究有很重要的指导和推动作用。在经济发展、社会日益多元化的今天, 对图像检索性能要求日渐增加, CBIR 技术研究也日趋成熟。检索性能主要考虑两个因素: 一为速度, 二为准确度。检索速度主要取决于图像特征提取的匹配复杂度, 检索准确度主要取决于选取的图像特征区分能力和匹配算法的有效性。目前, 比较通用的评价指标为: 查全率、查准率及检索效率。查全率和查准率用于衡量检索系统的性能, 检索效率用于衡量系统检索相关文档的能力^[9]。查全率和查准率定义见式(11)、(12)。

$$\text{查全率} = \frac{\text{检索出的相关图像}}{\text{所有相关图像}} \times 100\% \quad (11)$$

$$\text{查准率} = \frac{\text{检索出的相关图像}}{\text{检索出的所有图像}} \times 100\% \quad (12)$$

为检验系统的检索性能, 随机抽取两幅木头和两幅砖块的图像, 以及一幅花的图像作为样本, 分别使用灰度共生矩阵和纹理谱两种特征提取算法做实验, 其查全率和查准率见表 1。

表 1 不同特征提取算法的查准率与查全率的比较

样本图像	灰度共生矩阵		纹理谱	
	查全率	查准率	查全率	查准率
Wood 1	75%	68%	70%	75%
Wood 2	62.5%	74%	68%	78%
Brick 1	80%	64%	74%	58%
Brick 2	73%	70%	68%	76%
Flower	65%	67%	65%	70%
平均值	71.1%	68.6%	69%	71.4%

实验结果数据表明, 使用不同特征提取算法, 其查全率和查准率有所差别, 但平均值比较接近, 同时也可

看出该系统已具备良好的检索性能。

4 结束语

图像检索的研究在中国仍然处在一个初级探索阶段, 很多理论、方法、技术还在论证研究之中。由于不同领域的图像千差万别, 很难找到一种适用于各种领域的通用图像描述手段和系统结构。文中在阐述基于内容的图像检索方法的基础上, 结合数字图书馆的特点, 设计出了一种较为方便、准确的图像检索系统, 并介绍了实现的主要过程, 对于推进图书馆数字化进程和完善信息服务有一定的实践意义。

参考文献:

- [1] Smith J R, Chang S F. Visually searching the web for content [J]. IEEE Multimedia, 1997, 4(3): 12-20.
- [2] Datta R, Joshi D, Li Jia, et al. Image retrieval: Ideas, influences, and trends of the new age [J]. ACM Transactions on Computing Surveys, 2007, 20(3): 61-65.
- [3] 付 玮, 曾接贤. 基于形状特征的图像检索技术研究 [J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(11): 228-232.
- [4] 李国辉, 曹莉华. 基于内容的多媒体数据查询和检索 [J]. 小型微型计算机系统, 1998, 19(4): 1-8.
- [5] Flickner M, Sawhney H, Niblack W, et al. Query by image and video content: the QBIC system [J]. IEEE Computer, 1995, 28(9): 23-32.
- [6] 游麒麟, 刘旭彬. 基于内容的图像检索方法 [J]. 情报科学, 2005, 23(8): 43-48.
- [7] 王朝晖, 孙惠萍. 图像检索中 IRRL 模型研究 [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(12): 35-37.
- [8] 李兰兰, 魏蛟龙. 基于内容的图像检索在数字图书馆中的应用 [J]. 中南民族大学学报, 2003, 22(4): 52-55.
- [9] 徐立新, 梁 娟, 查金水. 基于颜色常量的图像特征提取及其降维方法 [J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(3): 602-604.

(上接第 204 页)

参考文献:

- [1] 余胜泉, 何克抗. 网络教学平台的体系结构与功能 [J]. 中国电化教育, 2001(8): 60-63.
- [2] 程建钢, 韩锡斌, 赵淑莉, 等. 清华教育在线网络教育支撑平台的研究与设计 [J]. 中国远程教育, 2002(5): 56-60.
- [3] 赖德生, 吴旭峰. 网络教育支撑平台结构与开发原则、模式 [J]. 中国远程教育, 2003(3): 62-65.
- [4] 吕梭燕, 赵小敏, 陈庆章, 等. 基于网络的教学支撑平台的设计 [J]. 计算机工程与应用, 2003(12): 174-176.
- [5] 陶彦玲. 网络教学支撑平台研究 [J]. 西北师范大学学报, 2004, 40(4): 103-106.
- [6] 王珠珠, 张伟远. 我国普通高校网上教学平台及网站建设的现状分析 [J]. 中国远程教育, 2005(2): 40-44.
- [7] 赵立冲. 网络教学资源平台建设研究综述 [J]. 广西大学学报: 哲学社会科学版, 2006, 28(z1): 30-33.
- [8] Zhang Meiren, Li Yongfeng. Research on the Page Replacement Model in Search Engine Collector [C]//2008 International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business, Engineering, and Sciences. UK: World Academic Press, 2008.
- [9] Thilmany C. NET 模式: 架构、设计与过程 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2005: 23-28.